Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 14, No. 2, June. July. 2018, p. 259- 272

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 14، شماره 2، خرداد- تیر 1397 ص.272-259

تاثیرخمیرترش و آنزیم آلفاآمیلاز بر خواص کیفی نان تست

رویا نجات‌بخش[1]- سارا موحد*[2]- حسین احمدی چنارین[3]

تاریخ دریافت: 1395/10/24
تاریخ پذیرش: 1396/04/03

چکیده

استفاده از برخی افزودنی‌ها نظیر خمیرترش وآنزیم‌ها می‌توانند در بهبود کیفیت نان‌ها بسیار موثر واقع شوند. در تحقیق حاضر تاثیر آنزیم آلفاآمیلاز و خمیرترش لاکتیکی بر خواص کیفی نان‌های تست مورد بررسی قرار گرفت. سطوح مصرفی شامل 0/01و 0/03 درصد آنزیم آلفاآمیلاز همچنین 4و 6 درصد خمیر ترش لاکتیکی بودند. بررسی نتایج نشان داد که افزودن آنزیم آلفاآمیلاز و خمیرترش لاکتیکی سبب افزایش میزان رطوبت، فیبر، خاکستر وکاهش میزان چربی و پروتئین درنمونه‌های حاوی افزودنی‌های مذکور نسبت به نمونه شاهد می‌گردد ضمن آنکه افزودن مواد مذکورسبب بهبود ویژگی‌های حسی نان‌های تولیدی شد به‌نحوی که توانست قابلیت جویدن، تناسب شکل، عطر و بو، بافت و رنگ پوسته را نسبت به نمونه شاهد بهبود بخشد و بیاتی حسی و دستگاهی را کاهش دهد. سایر نتایج نیز نشان داد که کاربرد آنزیم آلفاآمیلاز وخمیرترش لاکتیکی بر بهبود ویژگی‌های رنگ‌سنجی، حجم‌سنجی و بافت‌سنجی نان‌های تولیدی در مقایسه با نمونه شاهد تاثیر معنی‌داری دارد. در نهایت با توجه به نتایج آزمون‌های به‌عمل آمده ، تیمار M4 که دارای بیشترین مقادیرآنزیم آلفاآمیلاز و خمیرترش لاکتیکی بود به‌عنوان بهترین تیمار در تحقیق حاضر معرفی شد.

واژه‌های کلیدی: آلفاآمیلاز، خمیرترش لاکتیکی، نان تست، خواص کیفی.

مقدمه

نان تست متعلق به گروه نان‌های حجیم بوده و در ایران، به‌خصوص در سال های اخیر از پرمصرف‌ترین نان‌های حجیم محسوب می‌شود. کیفیت نان‌های حجیم به قابلیت پخت آرد مصرفی، زمان تخمیر، میزان پروتئین و نوع مواد افزودنی آن بستگی دارد. به‌علاوه قابلیت پخت آرد، به‌طور عمده تابع ویژگی‌های آرد، نوع اقدامات صنعتی، روش تهیه و مراحل آماده‌سازی خمیر می‌باشد (موحد، 1390). نان و محصولات نانوایی معمولا پس از فرآیند پخت، دستخوش تغییرات فیزیکوشیمیایی مختلفی می‌شوند که در مفهوم کلی آنها را بیاتی می‌نامند. به تاخیر انداختن بیاتی یکی از مسائل مهم صنایع پخت بوده و از جنبه اقتصادی حائز اهمیت می‌باشد. به‌علاوه بیاتی فرآیندی است که طی آن ویژگی‌های ظاهری و باطنی، بو، طعم و مزه، عطر و قابلیت جویدن نان تغییر می‌کند و نتیجه این تغییرات، کهنه شدن و یا به عبارت دیگر عدم تازگی نان می‌باشد (Ravi *et al.*, 2000). برای به تاخیر انداختن بیاتی نان، به‌کارگیری خمیرترش لاکتیکی و یا اعمال روش‌هایی نظیر بهبود روش‌های تهیه خمیر، بهبود کیفیت پخت، بسته‌بندی نان و استفاده از برخی افزودنی‌ها و بهبوددهنده‌ها بسیار موثر است. همچنین از افزودنی‌ها و بهبوددهنده‌های مهم می‌توان به انواع نشاسته‌های ژلاتینه، پنتوزان‌ها، چربی‌ها، امولسیفایرها، آنزیم‌ها به‌خصوص آلفاآمیلاز و برخی هیدروکلوئیدها اشاره نمود (Movahhed, 2012). استفاده از خمیرترش لاکتیکی به‌عنوان یک عامل ورآورنده، یکی از قدیمی‌ترین فرآیندهای بیوتکنولوژیکی بوده که درتولید موادغذایی مورداستفاده قرارگرفته است. خمیرترش عبارت از خمیری است که توسط لاکتوباسیلوس‌ها و مخمرها ایجاد شده و دارای بیش از 5×10^8 cfu/g باکتری‌های لاکتیکی با سوخت و ساز فعال با pH کمتر از 4/5 می‌باشد. با استفاده از خمیرترش لاکتیکی در تولید نان، امکان رسیدن خمیر فراهم گشته، خصوصیات خمیر، بافت، عطر و طعم نان حاصل در مقایسه با نان به عمل آمده با مخمر نانوایی بهبود خواهد یافت. همچنین با افزودن خمیرترش، زمان ماندگاری نان بیشتر و از بروز کپک‌زدگی و فساد طنابی در نان جلوگیری می‌شود (موحد1390). تخمیر اولیه خمیر احتمالا توسط مخلوطی از مخمرها و باکتری‌های اسید لاکتیک طبیعی موجود در آرد صورت می‌گیرد. علاوه بر

1و 2- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی‌ارشد و دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد ورامین- پیشوا، دانشگاه آزاداسلامی، ورامین، ایران.
3- استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد ورامین- پیشوا، دانشگاه آزاداسلامی، ورامین، ایران.
(*-نویسنده مسئول: Email: movahed@iauvaramin.ac.ir)
DOI: 10.22067/ifstrj.v0i0.61783

مخمرهای طبیعی موجود در غلات، اغلب مخمر نانوایی نیز برای تسریع فرآیند تخمیراضافه می‌شود. عوامل مختلفی نظیر دما، بازده خمیر، مقدار و نوع ترکیب کشت آغازگر بر کیفیت خمیرترش لاکتیکی موثرمی‌باشد (Arendt *et al.*, 2007). کیفیت نان‌های حاوی خمیرترش لاکتیکی بستگی به کیفیت میکروبی ثابت و پایداری خمیرترش لاکتیکی مصرف شده در آن دارد. توانایی تخمیر مطلوب خمیرترش لاکتیکی تحت تاثیر عواملی نظیر فلورمیکروبی (باکتری‌های لاکتیک اسید و مخمرها)، نوع آرد (گندم و چاودار)، درجه استحصال آرد، فعالیت آنزیمی آرد، بازدهی خمیر (نسبت آرد به آب)، متغیرهای فرآیند (از قبیل دما، pH اولیه، میزان آغازگر و زمان تخمیر) و نوع سامانه تولیدی (پیوسته/ غیرپیوسته) قرار می‌گیرد. باکتری‌های خمیرترش لاکتیکی تقریباً بدون استثناء از نوع باکتری‌های اسید لاکتیکی جنس *لاکتوباکتریوم* می‌باشند و نقش آنها در خمیر نان تولید اسید، گاز دی‌اکسیدکربن و ایجاد مواد معطرمی‌باشد (Katina *et al.*, 2004). خمیرترش لاکتیکی به سه طریق تهیه می‌شود که شامل تخمیر خود به خودی، افزودن مقادیر کمی خمیرترش لاکتیکی رسیده (اسپانج مادر) و افزودن کشت آغازگر معین می باشد. هم اکنون اغلب خمیرترش‌های لاکتیکی مورد استفاده در تولید نان گندم و چاودار، توسط افزودن مقادیری از خمیرترش لاکتیکی رسیده یا اسپانج مادر تهیه می‌شوند اما تمایل به استفاده از کشت‌های آغازگر معین نیز در حال افزایش است. عطر و طعم نان و سایر فرآورده‌های غلات، از ویژگی‌های کیفی مهم است که مصرف‌کننده‌ها در انتخاب محصول به آن توجه می‌کنند. طعم نان گندم بستگی به ماهیت مواد خام، شرایط تخمیر و فرآیند پخت آن و طعم مغز نان به نوع آرد و واکنش‌های آنزیمی به‌عمل آمده در نتیجه تخمیر با مخمر و خمیر ترش لاکتیکی بستگی دارد، حال آنکه طعم پوسته نان بیشتر تحت تاثیر واکنش‌های حرارتی به‌عمل آمده طی فرآیند پخت قرارمی‌گیرد. همچنین فعالیت پروتئولیز ناشی از تخمیر خمیرترش لاکتیکی، در توسعه طعم مطلوب نان‌های حاوی خمیرترش لاکتیکی در مقایسه با نان‌های اسیدی شده شیمیایی یا تهیه شده با مخمر نانوایی نقش به‌سزایی دارد. البته برخی ترکیبات موثر در ایجاد طعم نامطلوب نان شامل برخی اسیدهای آلی، الکل‌ها، استرها و کربونیل‌ها می‌باشد. به‌علاوه، در اثر فعالیت آنزیم پروتئاز در هنگام تخمیر لاکتیکی، آمینواسیدها آزاد می‌شوند که توسط مخمرها مصرف شده و یا آنکه در طول پخت به ترکیبات آروماتیک تبدیل می‌گردند. یکی دیگر از افزودنی ها به‌منظور بهبود خواص محصولات نانوایی، آنزیم‌ها هستند. ترکیباتی از آرد که به‌وسیله تاثیر آنزیم اصلاح می‌شوند، شامل نشاسته، پروتئین، پنتوزان‌ها و به میزان کمتر چربی‌ها می‌باشند. آنزیم آمیلاز روی نشاسته، آنزیم پروتئاز روی پروتئین، آنزیم پنتوزاناز روی پنتوزان و آنزیم سلولاز روی سلولز موثر هستند. خاصیت معمول آنزیم‌های آمیلاز حمله‌وری به سوبسترای نشاسته می‌باشد. این آنزیم‌ها قادرند نشاسته آسیب دیده یا ژلاتینه شده را هیدرولیز کنند اما روی گرانول‌های نشاسته سالم بی‌تاثیر هستند. هیدرولیز آنزیمی نشاسته به‌وسیله هر دو آنزیم آلفاآمیلاز وبتاآمیلاز کاتالیز می‌شود. مکانیسم فعالیت آلفا آمیلاز، به شکل اندوآنزیم بوده و نتیجه هیدرولیز آن، دکسترین، الیگوساکارید و دی‌ساکارید مالتوز می‌باشد. بتاآمیلاز یک اگزوآنزیم بوده و نتیجه هیدرولیز آن تولید مالتوز و دکسترین می‌باشد. آلفاآمیلاز (آلفا-۱،۴-گلوکان-4-گلوکانوهیدرولاز[2]) درگیاهان بافت های پستانداران و برخی میکروارگانیسم‌ها یافت می‌شود. آنزیم مذکور روی ترکیبات نشاسته‌ای تاثیر می‌گذارد و تولید قندهای احیاکننده می نماید. چگونگی فعالیت، خصوصیات و محصولات تجزیه شده آن به منبع آنزیم بستگی دارد . فعالیت آلفاآمیلاز روی آمیلوز نشاسته طی عملیات دومرحله‌ای صورت می‌گیرد. ابتدا، تجزیه سریع آمیلوز به مالتوز و مالتوتریوز رخ می‌دهد. این مرحله به‌صورت تصادفی روی نشاسته صورت می‌گیرد. مرحله دوم، خیلی کندتر از مرحله اول انجام می‌پذیرد که شامل تجزیه کند الیگوساکاریدها همراه با تشکیل گلوکز و مالتوز به‌عنوان محصول نهایی می‌باشد. تجزیه آمیلوپکتین توسط آلفاآمیلاز منجر به تولید گلوکز، مالتوز، دکسترین‌ها و الیگوساکاریدهای دارای 4 مولکول گلوکز و یا بیشتر می‌شود (Reed, 2012). فعالیت آلفاآمیلازی علاوه بر نقش ضدبیاتی، سبب بهبود خصوصیات الاستیکی بافت نیز می‌شود. همچنین در صورت افزودن این آنزیم، افزایش حجم در قرص نان بیشترگردیده، ساختار پوسته بهبود می‌یابد، در نتیجه شاهد یک پوسته و بافت نرم‌تر خواهیم بود و آنزیم آلفاآمیلاز بدلیل ایجاد قندهای قابل استفاده برای مخمرها و کمک به تولید گاز بیشتر در خمیر سبب بهبود و افزایش حجم نان می‌گردد. هدف اصلی از غنی‌سازی آردبا آنزیم‌های آمیلاز، ایجاد موادی است که قابلیت تخمیر داشته باشند که عمدتا شامل مالتوز از نشاسته می‌باشد و مالتوز تولیدی تحت فعالیت مالتاز به گلوکز تبدیل می‌شود که دارای قابلیت تخمیری است. همچنین غنی‌سازی آرد با آلفا آمیلاز، سبب افزایش حجم نان شده که البته این نتیجه بیشتر از فعالیت آلفاآمیلازهای قارچی، مالتی و باکتریایی حاصل می‌گردد(Kim *et al.*, 2006). رحیمی و همکاران (1394) در پژوهشی تاثیر ساده و متقابل بهبوددهنده‌های اسیدی (اسید لاکتیک، اسید استیک و اسید سیتریک) را در سه سطح (صفر، 0/25و 0/5درصد) بر بیاتی نان بربری مورد بررسی قراردادند. باگذشت 24 ساعت از پخت نان تنها تأثیر لاکتیک اسید بر صفت بیاتی معنی‌داربود. همچنین 48 ساعت پس از پخت، سطوح متفاوت لاکتیک اسید و سیتریک اسید، تاثیرمعنی‌داری بر بیاتی نان داشتند (رحیمی و همکاران، 1394). اکبریان میمند و همکاران (1394) تاثیر خمیرترش بر کیفیت نان بربری را مورد مطالعه قرار دادند. هدف از پژوهش، بررسی ویژگی‌های کیفی در نان‌های بربری تولید شده توسط مخمرها و لاکتوباسیل‌های جداسازی شده از

خمیرترش‌هـای بومی ایران بود. در پژوهش مذکور، خمیرترش باعث افزایش تخلخل در نمونه‌ها و کاهش روند بیاتی شـد. علاوه براین، نتایج مربوط به ارزیابی حسـی نشـان داد که خمیرترش موجب ایجاد رنگی طلایی مناسـب در نمونه‌ها و افزایش قابلیت جویدن، نرمی و بهبود بافت نمونه‌ها شـده اسـت(اکبریان میمند و همکاران، 1394). مرتضـوی و همکاران (1394) مدل‌سـازی قوام خمیرترش و ارزیابی تاثیر آن بر ویژگی‌های نان حاصل از آردهای ایرانی به‌عنوان تابعی از شرایط تخمیر کشت آغازگر اختصاصی را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج حاصـل نشـان داد که شـرایط تخمیر بر قوام خمیرترش حاصـل از آردهای مورد اسـتفاده در مقایسه با آغازگر دیگر و نمونه شاهد، تاثیر معنی‌داری دارد. همچنین نمونه‌های فرآوری شـده با آرد بربری در مقایسـه با سـایر آردها دارای مقادیر گسـترش‌پذیری بیشتری بودند. بیشترین میزان حجم مخصوص نیز در نان فرآوری شده با خمیرترش دارای *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* در مقادیر بیشینه دما، هنگام استفاده از آرد بربری بدسـت آمد اما روند تغییرات سـفتی بافت، عطر و طعم نـان‌هـای خمیرترشـی از الگوی معینی پیروی نکرد (مرتضـوی و همکـاران، 1394). موحـد و همکـاران (2011) تـاثیر کـاربرد روش خمیرترش مایع را روی بازدهی خمیر، بازدهی نان و خصوصیات حسی نان لواش ایرانی مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج حاصل از بررسی نشان داد که تمامی روش‌های خمیرترش، منجر به بازدهی بیشـتر خمیر و نان در مقایسـه با تیمارهای شـاهد گردید. همچنین نتایج ویژگیهای حسی نان‌های تولیدی نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای مورد آزمون وجود دارد بـه‌طوریکـه نمونه خمیرترش کوتاه مدت با 1 سـاعت تخمیر، به‌عنوان بهترین تیمار معرفی گردید (Movahed *et al.*, 2011). هالیما و همکاران (2015) به بررسی بهینه‌سازی استخراج آنزیم آمیلاز از دانه‌های یولاف و تاثیر آن بر خصوصیات نان پرداختند. به‌کارگیری روش سطح پاسخ منجر به تعین شرایط بهینه گردید. تحت این شـرایط، راندمان تولید آمیلاز 91 U/g بود. فعالیت حداکثر آن در pH معادل 5/6 و دمای 55 درجه سلسیوس حاصل شد. نتایج حاصل از بکارگیری آنزیم مذکور در فرمولاسیون نان سبب بهبود ویژگی‌های حسـی و خصـوصیات بافتی نان‌های تازه و نگهداری شده گردید. به علاوه نتایج حاصل از بررسی ریز ساختار نان نشان داد که خصوصیات پختی نان و همچنین ظاهر میکروسـکوپی و ماکروسکوپی آن بهبود یافته اسـت (Halima *et al.*, 2015). کاتینا و همکاران تاثیر سـینر ژیسـتی خمیر ترش وآنزیم‌ها را در به تاخیر انداختن بیاتی نان مورد بررسـی قرار دادنـد. طبق نتـایج، خمیرترش بـا تنظیم فعالیت آنزیم آلفاآمیلاز آرد میزان هیدرولیز نشـاسـته را نیز تغییر دادکه در کاهش کریسـتالیزه شدن نشاسته و کاهش بیاتی موثر بود (Katina *et al.*, 1998). به‌طور کلی عامل اصـلی موثر بر تنظیم مقدار اسـیدیته در تخمیر حاصـل ازخمیرترش، مقدار کربوهیدرات‌های قابل تخمیر است که خود تحت تاثیر فعالیت آنزیم آلفاآمیلاز قرار می‌گیرد. فعالیت آنزیم آلفاآمیلاز به کیفیت آرد و درجه اسـتخراج آن بسـتگی دارد. فعالیت آنزیم آلفاآمیلاز در آرد کامل بیشتر بوده و می‌تواند حین تخمیر میزان مالتوز اولیه را 10 تا 15 برابر افزایش دهد لذا باکتریهای اسید لاکتیک بیشتری تولید خواهد کرد همچنین توانایی برخی از انواع این باکتری‌ها جهت تولید اگزوپلی‌سـاکاریدها به اثبات رسـیده اسـت که قابلیت بالقوه‌ای در به تاخیر انداختن بیاتی دارند (Coreestti *et al.*, 1998). از سـوی دیگر انحلال آرابینوگزیلان‌هـا در طی تخمیرخمیر ترش ممکن است سبب کاهش بیاتی نان شود آنها همانند پنتوزان‌ها مانع از اثر متقابل گلوتن- نشـاسـته به‌عنوان عامل اصـلی بیاتی می‌شـوند (Katina, 2005). حال ا توجه به موارد مطرح شـده هدف از تحقیق حاضـر بررسی تاثیر خمیرترش و آنزیم آلفاآمیلاز بر خواص کیفی نان تست از لحاظ ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، بیاتی، حجم و حسی بود.

مواد وروش‌ها

ابتدا مواد اولیه جهت انجام فرآیند پخت نان‌های تست شامل آرد گـنـدم 78% (اتـحـاد کـرج، ایران)، مـارگـارین (مهگـل، ایران)، بهبوددهنـده‌های 04 و 05 (ثمین نان سـحر، ایران)، مخمر نانوایی خشـک فعال *ساکارومایسس سرویزیه* (گل مایه، ایران)، شکر (هدیه، ایران)، آنزیم آلفاآمیلاز قارچی (هلند، Breatec) و خمیرترش لاکتیکی پودری شـکل *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* (نان آوران، ایران) تهیه شدند. تیمارها شـامل نان‌های تسـت متشـکل از آرد گندم به‌همراه سـطوح متفاوتی از خمیرترش لاکتیکی (4 درصد و 6 درصد) وآنزیم آلفاآمیلاز قـارچی (0/01 و 0/03 درصـد وزنی آرد) بودنـد. در ادامه تیمارهای تحقیق در جدول 1 ارایه شده است.

تولید نان تست

در تحقیق حاضر در ابتدا آزمون‌های شیمیایی روی آرد گندم 78% صـورت پذیرفت. سـپس مواد اولیه خمیر نان تسـت شامل آرد گندم 78% (1 کیلوگرم)، شـکر(2-1 درصـد وزنی آرد)، نمک (2/2-1/8 درصـد)، روغن (6-3 درصد)، مخمر (2-1/5 درصد)، آنزیم آلفاآمیلاز (0/01 و0/03 درصـد)، خمیر ترش لاکتیکی در سطوح (4 و 6 درصد وزنی آرد) جهت انجام فرآیند پخت نان تسـت که نوعی نان حجیم اسـت، تهیـه و توزین شـدنـد. آنگاه خمیر مورد نظر در مخلوط‌کن (Germany ،Habert) تهیـه گردیـد. خمیرهـای تولیـدی پس از اسـتراحت اولیه به مدت 15-10 دقیقه، پهن، آنگاه لوله شـدند. سپس خمیرهای لوله شده (وزن تقریبی 580 گرم) در قالب مستقر گردیدند. در نهایت خمیرهای حاصـل، جهت تخمیر نهایی، در کابین تخمیر با دمای 35 درجه سلسیوس و رطوبت نسبی 80 درصد قرار داده شدند و آماده پخت گردیدند. درجه حرارت پخت در ابتدای فر معادل240 درجه سلسیوس و در انتهای آن برابر220 درجه سلسیوس بود و مدت زمان

پخت معادل40- 35 دقیقه در نظر گرفته شد(بی نام، 1378). نان‌های تولیدی پس از حدود 30 دقیقه خنک شدن، در کیسه‌های پلی اتیلنی بسته‌بندی و تحت آزمون‌های فیزیکو شیمیایی قرار گرفتند.

جدول 1- تیمارهای مورد آزمون در تحقیق

نوع تیمار	کد تیمار
نان تست فاقد خمیر ترش لاکتیکی وآنزیم آلفا آمیلاز ، شاهد	C
نان تست حاوی 4 درصد خمیر ترش لاکتیکی بر حسب وزن آرد	S1
نان تست حاوی 6 درصد خمیر ترش لاکتیکی بر حسب وزن آرد	S2
نان تست حاوی 0/01درصد آنزیم آلفا آمیلاز بر حسب وزن آرد	A1
نان تست حاوی 0/03درصد آنزیم آلفا آمیلاز بر حسب وزن آرد	A2
نان تست حاوی 0/01 در صد آنزیم آلفا آمیلاز و 4 درصد خمیر ترش لاکتیکی برحسب وزنی آرد	M1
نان تست حاوی 0/03درصد آنزیم آلفا آمیلاز و4 درصدخمیر ترش لاکتیکی بر حسب وزنی آرد	M2
نان تست حاوی 0/01درصد آنزیم آلفا آمیلاز و6 درصدخمیر ترش لاکتیکی بر حسب وزنی آرد	M3
نان تست حاوی 0/03درصد آنزیم آلفا آمیلاز و6 درصدخمیر ترش لاکتیکی بر حسب وزنی آرد	M4

خصوصیات فیزیکو شیمیایی

آزمون‌های شیمیایی مختلفی نظیر اندازه‌گیری رطوبت (طبق استاندارد بین‌المللی AACC به شماره 16-44)، خاکستر(AACC به شماره 01-08) ، پروتئین (AACC به شماره 46-12)، چربی (AACC به شماره 10-30)، فیبر(AACC به شماره 10-32) و pH (AACC به شماره 52-2) بر روی نمونه‌های آرد گندم همچنین بر روی نان‌های تست تولید شده انجام گردید. همچنین برای تعیین میزان سفتی بافت داخلی نان به روش دستگاهی، با استفاده از دستگاه بافت‌سنج (M350-10CT، آلمان)، از روش استاندارد AACC به شماره 30-74 استفاده شد. این آزمون در فواصل زمانی یک تا سه روز پس از پخت نان‌ها در سه تکرار انجام گرفت به این ترتیب که نمونه‌ها به‌طور جداگانه داخل کیسه‌های پلاستیکی در دمای محیط نگهداری شدند و سپس جهت ارزیابی توسط دستگاه بافت‌سنج، از قسمت مغز آنها برش‌هایی در ابعاد تقریبی 2× 2 سانتی‌متر جدا گردید. مقادیر نیرو (مقدار نیرویی که باید فک بالایی دستگاه به نمونه وارد کند) معادل 40 درصد ضخامت نمونه‌های نان در نظر گرفته شد به‌گونه‌ای که نمونه‌ها را 8 میلی‌متر فشرده نمود. همچنین میزان سرعت حرکت فک بالایی، 30 میلی‌متر در دقیقه تنظیم گردید. قابل توجه این که در این آزمون از پروب صفحه‌ای استفاده شد (Anonymous, 2003). برای اندازه‌گیری حجم از روش جایگزینی حجم با دانه‌های کلزا (روش هنری سایمون) مطابق با استاندارد AACC به شماره 10-72 استفاده شد. از سوی دیگر آنالیز رنگ مغز و پوسته نان در فاصله زمانی 2 ساعت پس از پخت، از طریق تعیین سه شاخص L^*، a^*و b^* به کمک دستگاه هانترلب انجام شد و پارامترهای فوق اندازه‌گیری شدند.

ویژگی های حسی(ارگانو لپتیکی) نان

به‌منظور ارزیابی ویژگی‌های ارگانولپتیکی نمونه‌های نان تست، از تجزیه و تحلیل خصوصیات نان با کاربرد حواس پنجگانه استفاده گردید. ملاک عمل، نظر و تمایل شخصی افراد متخصص و آموزش دیده نسبت به محصول بود. در این تحقیق، نمونه نان‌ها پس از خنک شدن، کدگذاری شدند و توسط 10 ارزیاب آموزش دیده مورد بررسی قرار گرفتند. ارزیابی در روز اول پخت، بر اساس ویژگی‌های نان (حجم، رنگ مغز نان، ویژگی پوسته، تناسب شکل، قابلیت جویدن، بافت، عطر و بو، طعم و مزه و یکنواختی پشت، قابلیت جویدن، بافت، شکستگی و پارگی، حفره‌دار بودن و رنگ پوسته) صورت پذیرفت که هر یک بنا بر اهمیت، از امتیاز خاصی برخوردار بودند. آزمون بیاتی به روش حسی در فواصل زمانی 24، 48 و 72 ساعت پس از پخت درکلیه نمونه‌های نان تست انجام گردید. برای این منظور نمونه‌های نان تست در کیسه‌های پلی‌اتیلنی به‌صورت جداگانه قرار گرفتند و پس از کدگذاری در دمای محیطی اتاق، کنار هم قرار داده شدند. پس از آن، تمامی نمونه به داوران جهت ارزیابی حسی داده شدند (Anonymous, 2003).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

به‌منظور تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از آزمایش (غیر از آنالیز داده‌های مربوط به بیاتی نمونه‌های نان به روش حسی و دستگاهی که با استفاده از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی انجام شد) از طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار استفاده شد و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن، در سطح احتمال α=%1 و توسط نرم‌افزار SPSS نسخه 16 صورت پذیرفت.

نتایج وبحث

خصوصیات شیمیایی آرد

نتایج مربوط به آزمون‌های شیمیایی انجام شده بر روی آرد گندم مصـرفی به‌منظور تولید نان‌های تست در جدول 2 نشـان داده شده است.

خصوصیات شیمیایی نمونه‌های نان تست

نتـایج مقـایســـه میانگین تاثیر مقادیرمختلف آنزیم آلفاآمیلاز و خمیرترش لاکتیکی بر ویژگی‌های شـــیمیایی نمونه‌های نان تســـت درجدول 3 نشان داده شده است.

جدول 2- ویژگی‌های شیمیایی آرد گندم مصرف شده در تولید نان تست

نوع ماده	رطوبت(٪)	خاکستر(٪)	پروتئین(٪)	چربی (٪)	pH	گلوتن مرطوب(٪)
آرد گندم	11/194	0/47	11/26	0/954	5/73	28/1

جدول 3- نتایج مقایسه میانگین داده‌های حاصل از آزمون‌های شیمیایی انجام شده بر روی نمونه‌های نان تست

تیمار*	رطوبت (%)	خاکستر (%)	pH	پروتئین(%)	چربی (٪)	فیبر (٪)	حجم مخصوص (میلی‌لیتر بر گرم)
C	33/13± 0/30^{h}	0/72±0/01^{i}	6/68±0/01^{a}	12/60±0/06^{a}	5/96±0/02^{a}	0/10±0/01^{g}	0/25^{f}
A1	33/43±0/31^{g}	0/74±0/02^{h}	6/53±0/02^{b}	12/57±0/02^{b}	5/82±0/03^{b}	0/11±0/01^{f}	0/26^{e}
A2	34/13±0/07^{e}	0/85±0/01^{g}	6/53±0/01^{b}	12/50±0/06^{c}	5/72±0/02^{c}	0/14±0/01^{d}	0/26^{e}
S1	34/00±0/20^{f}	0/94±0/01^{f}	6/53±0/01^{b}	12/47±0/06^{d}	5/82±0/02^{b}	0/13±0/01^{e}	0/27^{d}
S2	35/70±0/48^{d}	1/01±0/02^{e}	6/50±0/02^{e}	12/47±0/02^{d}	5/57±0/07^{d}	0/14±0/01^{d}	0/28^{c}
M1	35/71±0/45^{d}	1/04±0/01^{d}	6/52±0/01^{c}	12/40±0/02^{e}	5/51±0/03^{e}	0/15±0/01^{c}	0/27^{d}
M2	37/90±0/11^{b}	1/07±0/01^{c}	6/51±0/02^{d}	12/40±0/06^{e}	5/31±0/04^{g}	0/16±0/01^{b}	0/28^{c}
M3	36/76±0/25^{c}	1/10±0/03^{b}	6/51±0/02^{d}	12/30±0/06^{f}	5/50±0/034^{f}	0/15±0/01^{c}	0/29^{b}
M4	38/08±0/15^{a}	1/51±0/02^{a}	6/44±0/01^{f}	12/26±0/06^{g}	4/91±0/036^{h}	0/17±0/01^{a}	0/30^{a}

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال 1درصداختلاف معنی‌دار ندارند.

*به جدول 1 مراجعه شود.

رطوبت

با توجه به جدول 3، تیمار M4 دارای بیشترین و تیمار C (شاهد) دارای کمترین مقدار رطوبت در مقایســه با ســایر تیمارها بودند ضمن آنکه بین دو تیمار مذکور و ســـایر تیمارها ختلاف معنی‌دار مشـــاهده شـــد($p\leq0.01$). طبق نتـایج، کـاربرد آنزیم آلفـاآمیلاز و خمیرترش لاکتیکی سـبب افزایش میزان رطوبت نان‌های حاصـل در مقایسه با نمونـه‌های شـــاهدگردید. علت نتیجه حاصــــل آن اســـت که آنزیم آلفاآمیلاز، به وسط مولکول‌های آمیلوز و آمیلوپکتین حمله‌ور گردید و باعث تبدیل نشــاســته به دکســترین شــد. به عبارت دیگر هیدرولیز نشـاسته توسط آنزیم مذکور سبب تولید آب آزاد در خمیر شد که این امر موجب افزایش درصـد رطوبت نان‌های حاصل گردید. در ضمن با افزودن خمیرترش بـه آرد از طریق مکـانیســـم‌هـایی نظیر تولیـد اگزوپلی‌سـاکاریدها و افزایش تولید پنتوزان‌ها، میزان جذب آب توسط آرد افزایش یـافت (Whitehurst & Oort , 2010). نتایج تحقیق حاضـر با نتایج تحقیقات گلشــن تفتی و همکاران (2013) همخوانی داشـــت که بیان نمودند افزودن خمیرترش در ســـطوح 3، 6، 9 و 15 درصـــد به آرد، ســـبب افزایش میزان جذب آب توســـط آرد می‌گردد. همچنین با افزایش سـطوح مصرف پودر خمیرترش، میزان جذب آب روند صعودی نشان داد (گلشن تفتی و همکاران، 2013).

خاکستر

با توجه به جدول 3، تیمار M4 از بیشترین اما تیمار C (شاهد) از کمترین مقدار خاکســـتر در مقایســـه با ســـایر تیمارها برخوردار بودند ضـــمن نکـه بین دو تیمار مذکور و ســـایر تیمارها اختلاف معنی‌دار مشـــاهـده گردیـد ($p\leq0.01$). بـه‌عبـارتی کاربرد آنزیم آلفاآمیلاز و خمیرترش لاکتیکی سـبب افزایش میزان خاکستر نان‌های حاصل در مقایسـه با نمونه‌های شـاهدگردید. در پاسـخ به علت نتیجه حاصـل می‌توان گفت که با مصـــرف آنزیم آلفاآمیلاز و خمیرترش لاکتیکی تولید انواع دکسترین‌ها و سنتز انواع اگزوپلی‌ساکاریدها افزایش‌یافت. از سـوی دیگر به دلیل وجود اسـیدهای لاکتیک،اسـید استیک و برخی اسیدهای آمینه نیز میزان خاکستر افزایش نشان داد (Katina, 2005). موحد و همکاران (1391) نیز در تحقیقات خود نشان دادند که استفاده از صمغ‌ها و خمیرترش موجب افزایش میزان رطوبت، خاکستر، بهبود ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر و کاهش میزان بیاتی نمونه‌های حاصل در مقایسه با نمونه شاهد می‌گردد (موحد و همکاران، 1391).

pH

طبق جدول 3، تیمار C (شاهد) از بیشترین و تیمار M4 از کمترین مقادیر pH برخوردار بودند. ضمن آنکه بین دو تیمار مذکور اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید ($p\leq0.01$). قابل توجه این که مصرف آنزیم آلفاآمیلاز و خمیرترش لاکتیکی سبب تفاوت معنی‌دار در میزان pH نمونه‌های نان تست حاصل در مقایسه با نمونه شاهد گردید. دلیل آن است که باکتری‌های خمیرترش با تولید اسید لاکتیک واسید استیک و سایر اسیدها باعث اسیدی کردن محیط و کاهش pH شدند. آنزیم آلفاآمیلاز نیز با تولید متابولیت‌هایی نظیر دکسترین، سبب افزایش مواد موثره تخمیر شده گردیدکه این مواد مجددا منجر به کاهش pH شد (موحد،1390). گلشن تفتی و همکاران (2013) در تحقیقات خود بیان کردند که کاربرد پودر خمیر ترش آماده شده به روش اسپری دراینگ، تاثیر معنی‌داری بر افزایش اسیدیته، گسترش خمیر و خصوصیات رئولوژیکی خمیرهای تولیدی دارد.

پروتئین

با توجه به جدول 3، تیمار C (شاهد) حاوی بیشترین و تیمار M4 حاوی کمترین مقدار پروتئین در مقایسه با سایر تیمارها بودند. ضمن آنکه بین دو تیمار مذکور و سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار مشاهده‌شد ($p\leq0.01$). علت نتیجه حاصل شده آن است که فعالیت پروتئولیتیکی باکتری‌های لاکتیک اسید موجود در خمیرترش سبب تجزیه پروتئین‌ها به‌ویژه گلوتن به اسیدهای آمینه آزاد شد که این امر موجب کاهش میزان پروتئین‌ها و رقت پروتئین گلوتن نان‌ها گردید (Loponden *et al.*, 2004).

چربی

طبق جدول مقایسه میانگین 3، تیمار C (شاهد) از بیشترین مقدار چربی و تیمار M4 از کمترین مقدار آن در مقایسه با سایر تیمارها برخوردار بودند. ضمن آنکه بین دو تیمار مذکور و سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار مشاهده‌گردید ($p\leq0.01$). به عبارت دیگر مصرف آنزیم آلفاآمیلاز و خمیر ترش لاکتیکی سبب تفاوت معنی‌دار در میزان چربی نمونه‌های نان تست در مقایسه با نمونه شاهد گردید زیرا باکتری‌های اسید لاکتیک خمیر ترش با دارا بودن آنزیم‌های لیپاز سبب هیدرولیز چربی نمونه‌های نان گردید که این امر باعث کاهش میزان چربی در نمونه‌های نان تست در مقایسه با شاهد شد. به علاوه آنزیم آلفاآمیلاز با هیدرولیز نشاسته و تولید آب آزاد، سبب افزایش میزان رطوبت نان‌های حاصل گردید و از آنجائیکه همواره رطوبت با میزان چربی رابطه معکوس دارد لذا میزان چربی نمونه‌های نان‌های حاوی آنزیم آلفاآمیلاز و خمیرترش لاکتیکی کاهش نشان داد (Katina, 2005). پریسیلا و همکاران (2012) در تحقیقات خود عنوان نمودند که افزودن آنزیم ترانس گلوتامیناز و آمیلاز سبب کاهش میزان چربی در محصولات تولیدی می‌گردد (Pricilla *et al.*, 2012).

فیبر

با توجه به نتایج حاصل از جدول 3، تیمارM4 دارای بیشترین مقدار فیبر اما تیمار C (شاهد) دارای کمترین مقدار آن در مقایسه با سایر تیمارها بودند. ضمن آنکه بین دو تیمار مذکور وسایر تیمارها اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید ($p\leq0.01$). به عبارت دیگر مصرف آنزیم آلفاآمیلاز و خمیرترش لاکتیکی سبب ایجاد تفاوت معنی‌دار در میزان فیبر نمونه‌های نان تست تولید شده در مقایسه با نمونه شاهد گردید. به‌طور کلی تخمیر توسط خمیرترش سبب افزایش میزان پنتوزان‌ها وکاهش اندازه مولکولی آنها می‌شود و همچنین سبب افزایش حلالیت فیبرهای نامحلول مثل بتاگلوکان‌ها می‌گردد. همچنین به‌تولید ترکیبات اگزوپلی‌ساکاریدها می‌انجامد هرچند مکانیسم دقیق این عمل مشخص نیست ولی احتمالا در اثر کاهش pH چنین واکنش‌هایی روی می‌دهد و موجب افزایش درصد فیبر نمونه‌ها می‌گردد (Katina *et al.*, 2005). نتایج حاصل با نتایج تحقیقات لاکاز و همکاران (2007) تطابق داشت که عنوان نمودند دکستران‌ها، پلی‌ساکاریدهای فیبری داخل سلولی باکتریایی هستند که توسط باکتریهای اسید لاکتیک تولید می‌شوند و منجر به تولید محصولات غنی از فیبر می‌گردند ضمن آن که از شاخص گلایسمیک پایین برخوردار هستند (Lacaze *et al.*, 2007).

حجم مخصوص

طبق جدول 3، تیمار M4 از بیشترین مقدار حجم نان و تیمار C (شاهد) از کمترین مقدار صفت مذکور درمقایسه با سایر تیمارها برخوردار بودند ضمن آنکه بین دو تیمار مذکور و سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید ($p\leq0.01$). به‌عبارت دیگر مصرف آنزیم آلفاآمیلاز و خمیرترش لاکتیکی سبب ایجاد تفاوت معنی‌دار در مقدار حجم نمونه‌های نان تست در مقایسه با نمونه شاهد گردید. دلیل افزایش حجم نمونه‌ها بعد از افزودن آنزیم آلفاآمیلاز، تولید گاز دی‌اکسیدکربن بیشتر می‌باشد زیرا آنزیم آلفاآمیلاز سبب هیدرولیز نشاسته و شکستن زنجیره‌های آمیلوز و آمیلوپکین و تبدیل آن‌ها به زیر ساختارهای دی‌ساکارید می‌گردد که سبب رشد بهتر مخمرها و تولید گاز دی‌اکسیدکربن در خمیر و افزایش حجم نان‌ها می‌شود (Lacaze *et al.*, 2007).

رنگ

نتایج مقایسه میانگین تاثیر مقادیر مختلف آنزیم آلفاآمیلاز و خمیرترش لاکتیکی بر ویژگی‌های رنگ نمونه‌های نان تست در جدول 4 نشان داده شده است.

L* (درخشندگی)

طبق جدول مقایسه میانگین 4، تیمار M4 از بیشترین امتیاز درخشندگی (L*) اما تیمار C (شاهد) از کمترین مقدار آن در مقایسه با سایر تیمارها برخوردار بودند ($p\leq0.01$). به عبارت دیگر مصرف آنزیم آلفاآمیلاز و خمیرترش لاکتیکی سبب ایجاد تفاوت معنی‌دار در امتیاز درخشندگی نمونه‌های نان تست در مقایسه با نمونه شاهد گردید. علت آن است که در اثر پخت نان تغییراتی در رنگ پوسته نان اتفاق می‌افتد که این تغییرات عمدتا مربوط به واکنش‌های مایلارد (واکنش میان قندهای احیاکننده و گروه آمینی پروتئین‌ها) و واکنش کاراملیزه شدن (برهمکنش میان قندها) می‌باشد. نتیجه چنین واکنش‌هایی، ایجاد رنگ قهوه‌ای- طلایی و درخشندگی در پوسته نان می‌باشد. همچنین‌استفاده از برخی ترکیبات، نظیر ترکیبات پروتئینی، آنزیم‌ها و ترکیبات قندی در فرمول تهیه نان می‌تواند بر شدت رنگ پوسته موثر باشد (Lazaridou *et al*., 2007). همچنین نتایج به‌دست آمده از تحقیق نشان داد که استفاده از آنزیم آلفاآمیلاز باعث هیدرولیز پلی‌ساکارید نشاسته به واحدهای کوچکتری مانند دکسترین شده و با وقوع واکنش مایلارد طی پخت سبب بروز تغییراتی در روشنایی پوسته یا افزایش مولفه رنگی L^* درنمونه‌های نان تست تولیدی نسبت به نمونه شاهد شده است. نتایج تحقیق حاضر با نتایج تحقیقات Mandala و همکاران (2007) و موحد و همکاران (2013) مطابقت داشت که بیان کردند اضافه نمودن صمغ‌های گوار وهیدروکسی‌پروپیل متیل سلولز وآنزیم به نان، موجب افزایش میزان روشنایی L^* پوسته در مقایسه با نمونه شاهد می‌گردد (Movahhed *et al.*, 2013; Mandala *et al.*, 2007).

جدول 4- نتایج مقایسه میانگین داده های حاصل از آزمون های رنگ سنجی انجام شده بر روی نمونه های نان تست

تیمار*	L*	a*	b*
C	$57/11\pm1/24^h$	$9/42\pm1/01^a$	$37/63\pm1/02^a$
A1	$58/01\pm1/19^g$	$8/28\pm0/69^b$	$36/72\pm0/84^b$
A2	$59/07\pm1/73^e$	$7/78\pm1/11^c$	$36/38\pm1/01^d$
S1	$59/05\pm0/61^f$	$7/78\pm1/25^c$	$36/50\pm0/64^c$
S2	$59/05\pm1/96^f$	$7/68\pm1/75^d$	$35/01\pm0/93^e$
M1	$61/07\pm0/67^d$	$7/10\pm0/64^e$	$34/98\pm0/56^f$
M2	$61/29\pm1/33^b$	$5/50\pm0/57^g$	$32/03\pm0/87^h$
M3	$61/20\pm1/16^c$	$6/65\pm0/44^f$	$34/35\pm1/12^g$
M4	$61/89\pm1/91^a$	$5/30\pm1/26^h$	$30/00\pm1/02^i$

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال 1درصداختلاف معنی‌دار ندارند.

*به جدول 1 مراجعه شود.

a* (قرمزی)

طبق جدول مقایسه میانگین 4، تیمار C (شاهد) از بیشترین امتیاز رنگی a* (قرمزی) و تیمارM4 از کمترین مقدار آن صفت در مقایسه با سایر تیمارها برخوردار بودند. ضمن آنکه بین دو تیمار مذکور و سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار مشاهده شد ($p\leq0.05$). به‌عبارت دیگر مصرف آنزیم آلفاآمیلاز و خمیرترش لاکتیکی سبب ایجاد تفاوت معنی‌دار در امتیاز a* نمونه‌های نان‌تست در مقایسه با نمونه شاهد گردید. علت نتیجه حاصل آن است که در اثر پخت نان تغییراتی در رنگ پوسته نان اتفاق می‌افتد که این تغییرات مربوط به انجام واکنش‌های مایلارد و واکنش کاراملیزه شدن می‌باشد که نتیجه چنین واکنش‌هایی ایجاد رنگ روشن و درخشنده و کاهش رنگ‌های قرمز و زرد در نان می‌باشد. ماندالا و همکاران (2007) نیز در تحقیقات خود عنوان کردند که کاربرد آنزیم به‌همراه صمغ سبب کاهش امتیاز a* در محصولات تولیدی در مقایسه با نمونه شاهد می‌شود (Mandala *et al.*, 2007).

b* (زردی)

با توجه به جدول مقایسه میانگین 4، تیمار C (شاهد) از بیشترین امتیاز رنگی b* (زردی) و تیمارM4 از کمترین امتیاز صفت مذکور در مقایسه با سایر تیمارها برخوردار بودند ضمن‌آنکه بین دو تیمار مذکور و سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید ($p\leq0.01$). به عبارتی مشخص گردید که مصرف آنزیم آلفاآمیلاز و خمیرترش لاکتیکی سبب ایجاد تفاوت معنی‌دار در میزان امتیاز رنگی b* در نمونه شاهد در مقایسه با نمونه‌های نان تست می‌شود. دلیل این امر در راستای دلایل مطرح شده برای ویژگی a^* نان‌های تولیدی یعنی انجام واکنش‌های مایلارد و واکنش کاراملیزه شدن می‌باشد (مجذوبی و همکاران، 1390).

تاثیر متقابل تیمار * زمان بر میزان بیاتی به روش دستگاهی در نمونه‌های نان تست حاوی مقادیرمختلف آنزیم آلفاآمیلاز وخمیرترش لاکتیکی طی24 و 48 و 72 ساعت پس از پخت

نتایج مقایسه میانگین تاثیر متقابل (مقادیر مختلف آنزیم آلفاآمیلاز و خمیر ترش لاکتیکی× زمان) بر امتیاز بیاتی به روش دستگاهی در نمونه‌های نان تست درجدول 5 ارایه شده است.

با توجه به جدول مقایسه میانگین 5، تیمارM4 و M3 از کمترین میزان امتیاز بیاتی اما تیمار C (شاهد) از بیشترین امتیاز مذکوردر هر سه بازه زمانی در مقایسه با سایر تیمارها برخوردار بودند. ضمن آنکه بین تیمارهای مذکور و سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید ($p≤0.01$). در بیاتی نان، میزان گلوتن و نسبت آن با نشاسته بسیار تاثیرگذار است و در طول دوره نگهداری نان به دنبال کاهش انرژی سینتیک نان، میزان پیوندهای عرضی افزایش و شدت می‌یابند. به عبارت دیگر نان سفت‌تر و بیات‌تر می‌شود ولی در صورت استفاده از آنزیم آلفاآمیلاز و خمیرترش، به علت کاهش قدرت تورم نشاسته و ممانعت از تشکیل پیوندهای عرضی بین پروتئین و گلوتن، میزان سفتی و بیاتی نان کمتر می‌شود (رجب‌زاده، 1389). مکانیسم آلفاآمیلاز و خمیرترش سبب تازه تر ماندن تیمار M4 پس از24 ،48 و 72 ساعت از زمان پخت نسبت به نمونه شاهد شد. صادقی و همکاران (2007) در تحقیقات خود عنوان کردند که استفاده از خمیرترش سبب افزایش ماندگاری و بهبود خواص حسی نان‌های بربری در مقایسه با نمونه شاهد می‌گردد (صادقی و همکاران، 2007).

ویژگی‌های حسی

نتایج مقایسه میانگین تاثیر مقادیرمختلف آنزیم آلفاآمیلاز و خمیرترش لاکتیکی بر ویژگی‌های حسی نمونه‌های نان تست در جدول 6 نشان داده شده است.

با توجه به جدول 6، تیمارهای M4 و M3 از بیشترین امتیاز ویژگی حسی پوسته و بدون تفاوت معنی‌دار با یکدیگر اما تیمار C (شاهد) از کمترین امتیاز ویژگی مذکور در مقایسه با سایر تیمارها برخوردار بودند. ضمن آنکه بین تیمارهای مذکور و سایر تیمارها اختلاف‌معنی‌دار مشاهده گردید ($p≤0.01$). به عبارت دیگر مصرف آنزیم آلفاآمیلاز و خمیرترش لاکتیکی سبب ایجاد تفاوت معنی‌دار در امتیاز ویژگی حسی پوسته در نمونه‌های نان تست در مقایسه با نمونه شاهد گردید. علت نتیجه حاصل شده حضور آنزیم آلفاآمیلاز و هیدرولیز پلی‌ساکارید نشاسته توسط آن و تولید انواع مونو و دی ساکاریدها می‌باشد (موحد،1390). به عبارت دیگر واکنش مایلارد طی فرآیند پخت نان شدت یافت که این امر سبب بهبود ویژگی پوسته نان‌های تولیدی گردید. نتایج تحقیق حاضر با نتایج تحقیقات صالحی‌فر و همکاران (1393) مطابقت نشان داد (صالحی‌فر و همکاران، 1393).

ویژگی حسی شکستگی و پارگی نمونه‌های نان تست

با توجه به جدول 6، تیمارM4 از بیشترین امتیاز ویژگی حسی مقاومت در برابر شکستگی و پارگی و تیمار C (شاهد) از کمترین امتیاز صفت مذکور در مقایسه با سایر تیمارها برخوردار بودند. ضمن آنکه بین دو تیمار مذکور و سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید ($p≤0.01$). علت نتیجه حاصل آن است که ترکیبات مذکور موجب خروج بیشتر گازها و بخار آب هنگام پخت نان می‌گردند که این امر باعث افزایش حجم نان‌های حاصل می‌شود. به عبارت دیگر آنزیم آلفاآمیلاز و خمیرترش سبب افزایش استحکام دیواره حباب‌های هوا و ویسکوزیته آنها و مقاومت آنها در مقابل شکستگی و پارگی می‌شود (مجذوبی و همکاران، 1390).

ویژگی حسی تخلخل نمونه‌های نان تست

طبق جدول 6، تیمار M4 از بیشترین امتیاز ویژگی تخلخل و تیمار C (شاهد) از کمترین امتیاز ویژگی مذکور در مقایسه با سایر تیمارها برخوردار بودند. ضمن نکه بین دو تیمار مذکور و سایر تیمارها به جز تیمارهای A1 و A2 اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید ($p≤0.01$). علت نتیجه حاصل آن است که افزودن آنزیم آلفاآمیلاز سبب شکستن پلی‌ساکارید نشاسته وتولید قندهای قابل تخمیر برای باکتریهای خمیرترش و مخمرها و رشد آنها و در نتیجه تولید گاز و ایجاد حفره یا تخلخل بیشتر توسط مخمرها گردید (Wang *et al*., 2005). عزیزی و همکاران (2003) نیز در تحقیقات خود به نتایج مشابهی دست یافتند (عزیزی و همکاران، 2003).

ویژگی حسی رنگ مغز نان نمونه‌های نان تست

با توجه به جدول مقایسه میانگین 6، تیمارM4 از بیشترین امتیاز ویژگی رنگ مغز نان و تیمار C (شاهد) از کمترین امتیاز ویژگی مذکور در مقایسه با سایر تیمارها برخوردار بودند. ضمن آنکه بین دو تیمار مذکور و سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید ($p≤0.01$). علت نتیجه حاضر حضور آنزیم آلفاآمیلاز و هیدرولیز پلی‌ساکارید نشاسته توسط آن و تولید انواع منو و دی‌ساکاریدها می‌باشد که این مسئله باعث انجام واکنش مایلارد و شدت آن طی فرآیند پخت و لذا بهبود رنگ مغز نان شده است. صالحی‌فر و همکاران (1393) نیز در تحقیقات خود به نتایج مشابهی دست یافتند (صالحی‌فر و همکاران، 1393).

جدول 5- نتایج مقایسه میانگین تاثیر متقابل تیمار× زمان بر میزان بیاتی به روش دستگاهی در نمونه‌های نان تست حاوی مقادیر مختلف خمیرترش لاکتیکی و آنزیم آلفاآمیلاز (نیوتن)

تیمار*	24 ساعت	48 ساعت	72 ساعت
C	2/74^{l}	3/45^{p}	3/90^{r}
A1	2/52^{j}	3/10^{o}	3/52^{q}
A2	2/40^{i}	3^{n}	3/11^{o}
S1	2/15^{g}	2/80^{m}	2/84^{m}
S2	2^{f}	2/41^{i}	2/67^{k}
M1	1/9^{ef}	2/11^{g}	2/35^{h}
M2	1/8de	2/01^{f}	2/11^{g}
M3	1/4^{b}	1/8de	1/85de
M4	1/2^{a}	1/6^{bc}	1/7^{cd}

میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند در سطح احتمال 1درصداختلاف معنی‌دار ندارند.

*به جدول 1 مراجعه شود.

جدول 6- نتایج مقایسه میانگین داده‌های حاصل از آزمون‌های حسی انجام شده بر روی نمونه‌های نان تست

ویژگی حسی	C	A1	A2	S1	S2	M1	M2	M3	M4
پوسته	1^{g}	1/5^{f}	1/8^{e}	2^{d}	2/5^{c}	2/8^{b}	2/8^{b}	3^{a}	3^{a}
شکستگی و پارگی	1^{h}	1/2^{g}	1/2^{g}	1/5^{f}	1/8^{e}	2^{d}	2/4^{c}	2/7^{b}	3^{a}
تخلخل	7/3^{g}	7/8^{f}	7/8^{f}	8^{e}	8/2^{e}	8/5^{d}	9^{c}	9/4^{b}	10^{a}
رنگ مغز نان	7/8^{f}	8/2^{e}	8/2^{e}	8/5^{e}	8/6^{e}	9^{d}	9/4^{c}	9/6^{b}	10^{a}
حجم نان	8/2^{e}	8/5^{d}	8/5^{d}	8/7^{d}	8/7^{d}	9^{c}	9/3^{bc}	9/7^{ab}	10^{a}
رنگ پوسته	5/9^{h}	6/2^{g}	6/9^{e}	6/6^{f}	7^{d}	7/2^{d}	7/5^{C}	7/8^{b}	8^{a}
تناسب شکل	1/2^{h}	1/5^{g}	1/6^{f}	2^{e}	2/6^{e}	2^{d}	2/4^{c}	2/8^{b}	3^{a}
یکنواختی پشت نان	1/2^{h}	1/5^{g}	1/7^{f}	2^{e}	2^{e}	2/2^{d}	2/5^{c}	2/8^{b}	3^{a}
عطر و بو	7/5^{i}	7/8^{h}	8^{g}	8/6^{f}	9/2^{c}	8/8^{e}	9^{d}	9/5^{b}	10^{a}
مزه نان	13/7^{g}	13/8^{f}	13/9^{f}	14^{e}	14/3^{c}	14/2^{d}	14/21^{d}	14/5^{b}	15^{a}
قابلیت جویدن	8/3^{h}	8/6^{g}	8/7^{f}	9/2^{e}	9/3^{d}	9/5^{c}	9/8^{b}	9/8^{b}	10^{a}
بافت نان	13^{h}	13/2^{g}	13/5^{f}	13/5^{f}	13/9^{e}	14/3^{d}	14/5^{c}	14/7^{b}	15^{a}

در هر ردیف میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند در سطح احتمال 1درصداختلاف معنی‌دار ندارند.

ویژگی حسی حجم در نمونه‌های نان تست

با توجه به جدول مقایسه میانگین 6، تیمار M4 از بیشترین امتیاز ویژگی حسی حجم نان و تیمار C (شاهد) از کمترین امتیاز صفت مذکور در مقایسه با سایر تیمارها برخوردار بودند. ضمن آنکه بین دو تیمارمذکور و سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید ($p\leq0.01$). دلیل افزایش حجم نمونه‌ها بعد از افزودن آنزیم آلفاآمیلاز، تولید گاز دی‌اکسیدکربن بیشتر می‌باشد زیرا آنزیم آلفاآمیلاز سبب هیدرولیز نشاسته و شکستن زنجیره‌های آمیلوز وآمیلوپکین و تبدیل آن‌ها به زیر ساختارهای دی‌ساکارید می‌گردد که سبب رشد بهتر مخمرها و تولید گاز دی‌اکسید کربن در خمیر و افزایش حجم نان‌ها می‌شود (Wang *et al.*, 2005). عزیزی و همکاران (2003) نیز در تحقیقات خود به نتایج مشابهی دست یافتند (عزیزی و همکاران، 2003).

ویژگی حسی رنگ پوسته در نمونه‌های نان تست

طبق جدول 6، تیمار M4 از بیشترین امتیاز ویژگی حسی رنگ پوسته و تیمار C (شاهد) از کمترین امتیاز صفت مذکور در مقایسه با سایر تیمارها برخوردار بودند. ضمن آنکه بین دو تیمار مذکور و سایر تیمارها اختلاف‌معنی‌دار مشاهده گردید ($p\leq0.01$). دلیل بهبود رنگ پوسته نان‌ها در اثر استفاده از آنزیم آلفاآمیلاز، هیدرولیز پلی‌ساکارید نشاسته وتبدیل آن به انواع منو و دی‌ساکاریدها می‌باشد که باعث بهبود واکنش مایلارد طی پخت نان‌ها گردید. صالحی‌فر و همکاران (1393) نیز در تحقیقات خود به نتایج مشابهی دست یافتند (صالحی‌فر و همکاران، 1393).

ویژگی حسی تناسب شکل نان نمونه‌های نان تست

طبق جدول 6، تیمار M4 از بیشترین امتیاز ویژگی حسی تناسب

شکل نان و تیمار C (شاهد) از کمترین امتیاز صفت مذکور در مقایسه با سایر تیمارها بودند. ضمن آنکه بین دو تیمار مذکور و سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید ($p\leq0.01$). دلیل تناسب شکل بهتر نمونه‌های حاوی آنزیم آلفاآمیلاز و خمیرترش نسبت به نمونه شاهد را می‌توان به تخمیر بیشتر و کامل‌تر نان‌های حاصل از این آرد در مقایسه با نمونه شاهد نسبت داد زیرا در اثر هیدرولیز نشاسته،گاز دی‌اکسیدکربن بیشتری توسط مخمرها تولید شد لذا با تولید گاز بیشتر، خلل و فرج بیشتری تولید و در نتیجه شکل ظاهری و تناسب نان بهتر شد (Wang *et al*., 2005).

ویژگی حسی یکنواختی پشت نمونه‌های نان تست

با توجه به جدول مقایسه میانگین 6، تیمار M4 از بیشترین امتیاز ویژگی حسی یکنواختی پشت نان و تیمار C (شاهد) ازکمترین امتیاز صفت مذکور در مقایسه با سایر تیمارها برخوردار بودند. ضمن آنکه بین دو تیمار مذکور و سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید ($p\leq0.01$). علت نتیجه حاصل، افزودن آنزیم آلفاآمیلاز و حضور خمیرترش می‌باشد که سبب شکستن پلی‌ساکارید نشاسته و تولید قندهای قابل تخمیر برای باکتریهای خمیرترش و مخمرها و بهبود رشد آنها ودر نتیجه تولید گاز توسط مخمرها و ایجاد خلل و فرج بیشتر و در نتیجه بهبود شکل ظاهری ویکنواختی پشت در نان‌های تولیدی گردید (Wang *et al*., 2005).

ویژگی حسی عطر و بو نان نمونه‌های نان تست

با توجه به جدول مقایسه میانگین 6، تیمارM4 از بیشترین امتیاز ویژگی حسی عطر و بو و تیمار C (شاهد) ازکمترین امتیاز ویژگی مذکور نسبت به سایر تیمارها برخوردار بودند. ضمن آنکه بین این دو تیمار و سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید ($p\leq0.01$). دلیل عطر وبو بهتر نمونه‌های حاوی آنزیم آلفاآمیلاز و خمیرترش نسبت به نمونه شاهد را می‌توان به هیدرولیز پلی‌ساکارید نشاسته وتبدیل آن به منو ودی ساکاریدها توسط آنزیم آلفاآمیلازوآنزیم‌های خمیرترش نسبت داد که باعث شدت واکنش مایلارد طی پخت نان وافزایش عطر و بوی نان‌های مذکور گردیدند. از سوی دیگر وجود آنزیم‌های پروتئولیتیکی در تخمیر خمیرترش، منجر به تجزیه برخی پروتئین‌های خمیر وتولید اسیدهای آمینه آزاد می‌گردد که در ایجاد عطر و طعم نان‌های حاصل بسیار موثر هستند. به‌طورکلی باکتری‌های لاکتیکی می‌توانند مواد معطر مختلفی نظیر اسید استیک، اسید لاکتیک و محصولات دیگر از فرایند تخمیر در خمیرترش تولید کنند که به نظر می‌رسد اسید استیک سبب تشدید اثر سایر مواد معطر می‌گردد (موحد،1390).

ارزیابی نتایج آزمون ویژگی حسی مزه نان نمونه‌های نان تست

طبق جدول 6، یمارM4 از بیشترین امتیاز ویژگی حسی مزه نان و تیمار C (شاهد) از کمترین امتیاز صفت مذکور در مقایسه با سایر تیمارها برخوردار بودند. ضمن آنکه بین دو تیمار مذکور و سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید ($p\leq0.01$). دلیل مزه بهتر نمونه حاوی آنزیم آلفاآمیلاز و خمیرترش نسبت به نمونه شاهد را می‌توان به هیدرولیز پلی‌ساکارید نشاسته توسط آنزیم آلفاآمیلاز و تبدیل آن به منو ودی ساکاریدها نسبت داد که بروز این مسئله سبب شدت یافتن واکنش مایلارد طی پخت نان و افزایش یافتن مزه نان‌های مذکور می‌گردد. از طرفی وجود آنزیم‌های پروتئولیتیکی در تخمیر خمیرترش سبب تجزیه برخی پروتئین‌های خمیر وتولید اسیدهای آمینه آزاد گردید که عاملی مهم در ایجاد عطر و طعم مضاعف در محصول است (موحد،1390).

ارزیابی نتایج آزمون ویژگی حسی قابلیت جویدن نمونه‌های نان تست

طبق جدول 6، تیمارM4 از بیشترین امتیاز ویژگی حسی قابلیت جویدن و تیمار C (شاهد) از کمترین امتیاز صفت مذکور در مقایسه با سایر تیمارها برخوردار بودند. ضمن آنکه بین دو تیمار مذکور و سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید ($p\leq0.01$). علت نتیجه حاصل، هیدرولیز نشاسته توسط آنزیم آلفاآمیلاز می‌باشد که سبب تولید گاز دی‌اکسیدکربن بیشتر توسط مخمرها گردید لذا در نتیجه تولید حباب های گاز بیشتر در خمیر و افزایش سطح در واحد حجم، مغز نان‌ها نرم‌تر شد و در نتیجه قابلیت جویدن نان‌های تولید شده با استفاده از آنزیم مذکور و خمیرترش بهبود یافت (Wang *et al*., 2005). صالحی‌فر و همکاران (1393) نیز در تحقیقات خود به نتایج مشابهی دست یافتند (صالحی‌فر و همکاران، 1393).

ارزیابی نتایج آزمون ویژگی حسی بافت نان نمونه‌های نان تست

طبق جدول 6، تیمارM4 از بیشترین امتیاز ویژگی حسی بافت نان و تیمار C (شاهد) از کمترین امتیاز صفت مذکور در مقایسه با سایر تیمارها برخوردار بودند. ضمن آنکه بین دو تیمار مذکور و سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید ($p\leq0.01$). دلیل نتیجه حاصل، هیدرولیز نشاسته توسط آنزیم آلفاآمیلاز و تولید دکسترین‌ها می‌باشد که توسط مخمرها مصرف وگاز دی‌اکسیدکربن بیشتری تولید گردید. لذا در نتیجه تولید حباب‌های گاز بیشتر در خمیر و افزایش سطح در واحد حجم، بافت نان‌ها بهبود یافت (موحد،1390). عزیزی و همکاران (2003) نیز در تحقیقات خود به نتایج مشابهی دست یافتند (عزیزی و همکاران، 2003).

تـاثیر متقابل تیمار* زمان بر میزان بیاتی به روش حسی در نمونه‌های نان تست

نتایج مقایسه میانگین تاثیر متقابل (مقادیر مختلف آنزیم آلفاآمیلاز و خمیرترش لاکتیکی× زمـان) بر امتیـاز بیـاتی به روش حسـی در نمونه‌های نان تست درجدول 7 ارایه شده است.

جدول 7- نتایج مقایسه میانگین تاثیر متقابل تیمار× زمان بر امتیاز بیاتی به روش حسی در نمونه‌های نان تست حاوی مقادیر مختلف خمیرترش لاکتیکی و آنزیم آلفاآمیلاز

تیمار*	24 ساعت	48 ساعت	72 ساعت
C	4k	4k	4k
A1	4/3h	4/2i	4/2j
A2	4/7f	4/2i	4/1k
S1	4/8f	4/5g	4/3h
S2	5e	4/9e	4/7f
M1	5/2d	4/9e	4/7f
M2	5/4c	5/2d	4/8f
M3	5/6b	5/2d	5e
M4	5/8a	5/2d	4/7f

میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند در سطح احتمال 1درصداختلاف معنی‌دار ندارند.

*به جدول 1 مراجعه شود.

طبق جـدول 7، تیمار M4 از بیشـترین امتیاز تازگی و تیمار C (شـاهد) از کمترین امتیاز مذکور در هر سـه بازه زمانی در مقایسـه با سـایر تیمارها برخوردار بودند. ضـمن آنکه بین این دو تیمار و سـایر تیمارها اختلاف معنی‌دار وجود داشـت ($p \leq 0.01$). علت نتایج حاصل، همان دلایل عنوان شده در بخش مربوط به بیاتی دستگاهی می‌باشد.

نتیجه‌گیری

طی بررسـی نتایج به‌دسـت آمده، با افزودن آنزیم آلفاآمیلاز و خمیرترش لاکتیکی، میزان رطوبـت، فیبر و خاکسـتر در نمونه‌های حاوی افزودنی‌های مذکور نسـبت به نمونه شـاهد افزایش و میزان چربی و پروتئین در آنها کاهش یافت ضـمن آنکه افزودن این مواد سـبب افزایش ویژگی‌های کیفی نان‌های تولیدی شـد به‌نحوی که توانست قابلیت جویدن، تناسب شکل، عطر و بو، بافت و رنگ پوسته را نسـبت به نمونه شاهد بهبود بخشد و بیاتی را کاهش دهد. حال با توجه به آزمون‌های انجام شـده، تیمار M4 که حاوی بیشترین میزان آنزیم آلفاآمیلاز و خمیرترش لاکتیکی می‌باشد به‌عنوان بهترین تیمار معرفی گردید.

منابع

Akbariyan Meymanad, M. J., Khomeiri, M., Sadeghi Mahoonak, A. R., Alami, M., Faraji Kafshgari, S., Vatan Khah, M. and Mahmoodi, E., 2016, Effect of sourdough on the quality of barbari bread. *Journal of Food Science and Technology*. 13 (51), 181-194.

Anonymous, 2003, Approved methods of the American Association of Cereal Chemists, S’t. Paul, MN. USA.

Anonymous, 1999, Iranian National Standard, No. 2338. Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Specification and test methods for volume and semi volume breads.

Arendt, E. K., Ryan, L. A. M. and Bello, F. D., 2007, Impact of sourdough on the texture of bread. *Food Microbiology*. 24 (2), 165 - 174.

Azizi, M. H., Rajabzadeh, N. and Riahi, E., 2003, Effect of mono- diglyceride and Lecithin on dough rheological characteristics and quality of flat bread. *LWT-Food Science and Technology*, 36, 189-193.

Corsetti, A., Gobbetti, M., Balestrieri, F., Paletti, F., Russi, L. and Rossi, J., 1998, Sourdough lactic acid bacteria effects on bread firmness and staling. *Journal of Food Science*, 63, 347-351

Golshan Tafti, A., Peghambardoust, S. H., Behnam, F., Bahrami, A., Aghagholizadeh,R., Ghamari, M. and Rafat , S. A., 2013, Effects of spray-Dried Sourdough on Flour characteristics and Rheological Properties of dough.*Czech Journal of Food Science*, 31, 361-367.

Halima, N. B., Borchani, M., Fendri, I., Khemakhem, B., Gosset, D., Baril, P. and Abdelkafi, S., 2015, Optimised amylases extraction from oat seeds and its impact on bread properties. *International Journal of Biological*

Macromolecules, 72, 1213-1221.

Katina, K., Poutanen, K. and Karin, A., 2004, Influence and interactions of processing conditions and starter culture on formation of acids, volatile compounds, and amino acids in wheat sourdoughs. *Cereal Chemistry*, 81(5), 598-610.

Katina, K., Salmenkallio-Marttila, M., Partanen, R., Forssell, P. and Autio, K., 2005, Effects of sourdough and enzymes on staling of high-fibre wheat bread. *LWT-Food Science and Technology*, 39(5), 479-491.

Kim, J. H., Maeda, T. and Morita, N., 2006, Effect of fungal α-amylase on the dough properties and bread quality of wheat flour substituted with polished flours. *Food Research International*, 39(1), 117-126.

Lacaze, G., Wick, M. and Cappelle, S., 2007, Emeging fermentation technologies: Developent of novel sourdough. *Food Microbiology*, 24, 155-160.

Lazaridou, A., Duta, D., Papageorgiou, M., Belc, N. and Biliaderis, C. G., 2007, Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. *Journal of Food Engineering*, 79, 1033-1047.

Loponen, J., Mikola, M., Katina, K., Sontag-Strohm T. and Salovaara, H., 2004, Degradation of HMW glutenins during wheat sourdough fermentations.*Cereal Chemistry*, 81, 87-93.

Majzoobi, M., Layegh, B. and Farahnaky, A., 2011, Effect of pectin and cross-linked pectin on characteristics of dough and pan bread. *Journal of Food Research*, 21(2), 141-269.

Mandala, I., Karabela, D. and Kostaropoulos, A., 2007, Physical properties of breads containing hydrocolloids stored at low temperature. *Food Hydrocolloids*, 21(8), 1397-1406.

Mortazavi, S. A., Shahidi, F., Sadeghi, A. and Sadeghi, B., 2015, Modeling of sourdough consistency and evaluation of its effect on Iranian breads properties as a function of specific starter culture fermentation conditions. *Iranian Food Science and Technology Research Journal,* 11(4), 296-308.

Movahed, S., Rooshenas, G. H. and Ahmadichenarbon, H., 2011. Evaluation of the effect of liquid sourdough method on dough yield, bread yield and organoleptic properties Iranian Lavash bread. *World Applied Sciences Journal*, 15(7), 1054-1058.

Movahed, S. 2012. Science of Bread. Marze Danesh Publications. Tehran, Iran; 188 pp. (In Farsi).

Movahed, S., Rooshenas, G. H. and Ahmadichenarbon, H., 2012, Evaluation of the effect of yeast- salt method on dough yield, bread yield and organoleptic properties Iranian Lavash bread. *Annals of Biological Research,* 3 (1), 595-600.

Movahhed, S., Mirzaei, N. and Ahmadi Chenarbon, H., 2012, Evaluation of additional barley flour and *Lactobacillus plantarum* (ATCC 43332) on quality properties of Toast Bread. *Journal of Food Science and Technology*, 9(37), 37-46.

Movahhed, S., Mirzaei, M., 2013, Evaluation of staling rate and Quality of Gluten-free Toast breads onrice flour basis. *Reseaarch journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 5(01), 224-227.

Priscilla Nuernberg, R., Vivian, M. B. and Bordignon-Luiz, M. T., 2012, Effect of microbial transglutaminase on functionand rheological properties of ice cream with different fat contents. *LWT-Food Science and Technology*, 48, 224-230.

Rahimi, N., Karimi, M., Pour Azarang, H. and Mortazavi, S. A., 2015, Comparison of influence of acidic the improvers adding with sourdough on" Barbari Bread" staling score. *Journal of Food Science and Technology*, 12(47), 133-140.

Rajabzadeh, N. 2010. Bread Technology.University of Tehran Press, 341P. (In Farsi).

Ravi, R., Manhar, R. and Rao, P. H., 2000, Influence of additives on the rheological characteristics and baking quality of wheat flours. *European Food Research and Technology*, 2(10), 202-208.

Reed, G., 2012, Enzymes in Food Processing. Elsevier Science Publishing. Co. Inc. New York.

Sadeghi, A., Shahidi, F., Mortazavi, S. A., Koocheki, A. and Mohebbi, M., 2007, Evaluation of sourdough effect on Iranian Barbari staling, Department of food Science and Tecchnology, Faculty of Agricalture Ferdowsi University of Mashhad, 490-495.

Salehi Far, M., Shafi Soltani, M. and Hashemi, M., 2014, Effect of using of α- amylase fungal origin enzyme on qualitative characteristics of dough and Toast bread. *Innovation in Science and Food Technology*, 6(2), 43-54.

Wang, M., Vliet, T. V. and Hamer, R. J., 2005, Interaction of water unextractable solid and Xylanase with gluten protein .*Jornal of Cereal Science*, 41, 251-258.

Whitenhurst, R. J. and Oort, M. V., 2010, Enzymes in food technology. 2th edi, Indian: John Wiley Sons Publishing, PP 388.

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 14, No. 2, June. July. 2018, p. 259- 272

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 14، شماره 2، خرداد- تیر 1397 ص.272-259

Effect of Sourdough and α-amylase on qualitative properties of toast bread

R. Nejatbakhsh[1], S. Movahhed[2*], H. Ahmadi Chenarbon[3]

Received: 2017.01.13
Accepted: 2017.06.24

Introduction: The quality of breads depends on the baking capability of flour, fermentation time, protein content, and type of additives. An economically important concern of the baking industry is delayingthe bread staling. In addition, the staling process changes outer and inner properties, scent, flavor, and chewiness of breads, which in turn leads to staled or, in other words, non-fresh breads. The application of lactic sourdough and/or other techniques such as improved dough making, improved baking quality, packaging, and use of additives and improvers can be highly effective in delaying this process. One of the additives that improve the properties of baked products is the α-amylase enzyme. α- amylase can improve the elastic properties of the texture while delaying staling. This enzyme can also form useful sugars for yeasts and increase gas formation in dough, which in turn improves and increases the bread volume. Against this background, the current study analyzed the effects of sourdough and α-amylase on qualitative characteristics, physicochemical properties, staleness, size and sensory profile of the toast breads.

Materials and methods: The ingredients of the toast bread dough, i.e. 78% wheat flour (1 kg), sugare (1-2 w/w%), salt (1.8-2.2%), oil (3-6%), yeast (1.5-2%), α-amylase (0.01-0.03%), lactic sourdough (4 and 6% of wheat weight), were prepared and weighed to make the dough required for the baking process. The dough samples were spread and then rolled after an initial resting of 10-15 minutes. The rolls (approx. 580 g) were transferred to a cast. The dough samples were finally moved to the fermentation chamber at 35°C and 80% relative humidity for final fermentation and baking. Their analyzed using different physical, chemical, and sensory tests. A completely randomized design with three replications was used to analyze experimental data (except for staleness data of bread samples from sensory and instrumental tests which were analyzed using factorial experiment with a completely randomized design). Means were compared by Duncan's multiple-range test ($\alpha = 1\%$) in SPSS 16.

Results and discussion: According to the results, α-amylase and lactic sourdough caused an increase in bread's MC compared to the control samples. In other words, starch hydrolysis by α-amylase created free water in the dough. Moreover, sourdough increased water absorption of wheat through mechanisms including production of exopolysaccharides and increased production of pentosans. The application of α-amylase and lactic sourdough also increased the ash content of the breads compared to the control samples because they increased the production of dextrins and synthesis of exopolysaccharides. It should be mentioned that these additives decreased the pH of breads compared to the control samples. This is because the sourdough bacteria produced lactic, acetic and other acids that acidified the medium and reduced the pH. This enzyme also produced metabolites like dextrins and increased the amount of fermented active ingredients, which further reduced the pH. The proteolytic activity of lactic bacteria of the acid in sourdough led to decomposition of proteins, particularly gluten, into amino acids. This also reduced the protein content and diluted the gluten in breads. The results showed that the lactic acid bacteria of the sourdough hydrolyzed the fat control of bread samples by their lipase and thus lowered the fat content in bread samples compared to the control. The fiber content of samples was higher than that in the control as a result of enzyme and sourdough application. This is due to the fact that fermentation increases the pentosan content and reduces their molecular size. It also increased solubility of insoluble fibers like beta-glucans. On the other hand, their application led to larger bread size than the control because α-amylase hydrolyzes the starch and breaks the amylose and amylopectin chains to convert them into disaccharide substrates. Accordingly, yeasts could grow better and produce more CO_2 in the dough, increasing the bread size. The application of this enzyme and lactic sourdough gave a brighter appearance to toast bread samples whereas a* and b* were reduced. This is because the bread undergoes changes in its crust color during the baking process, which are mainly caused by maillard and

1 and 2. M. Sc Student and Associated Professor, Department of Food Science, Varamin-Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran.
3. Assistant Professor, Department of Agronomy, Varamin - Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran.
(*Corresponding author's email: movahhed@iauvaramin.ac.ir)

caramelization reactions. It is worth noting that these additives reduced the staleness of the samples. With respect to staling, the gluten content and its ratio to starch are highly effective. During the bread shelf life, as its kinetic energy decreases, the cross-linking increases and intensities. In other words, the bread becomes harder and staler. However, using α-amylase and sourdough, the bread hardness and staleness are decreased as the starch swelling is limited and cross-linking between protein and gluten is inhibited. These two additives improved most sensory properties including resistance to breakage and rupture, porosity, kernel color, crumb color, proportionality of shape, back-side uniformity, flavor, taste, texture, chewiness, and larger size of the bread samples. This reason for these improvements can be due to starch hydrolysis by α-amylase and production of dextrins and CO_2. According to the results, the bread sample containing 0.03% α-amylase and 6% lactic sourdough was selected as the best sample.

Keywords: α-amylase, Lactic sourdough, Toast bread, Qualitative properties.